

Optimasi Pemilihan Rute Terpendek Distribusi Gas LPG 3 Kg Menggunakan Algoritma Sweep Berbasis Python

Andry Setiawan^{1*}, Sri Wahyu Nensi², Nataya Charoonsri Rizani¹, Tarcisius Yodris

Bryan Matutina¹, Kurniawan Hamidi².

¹Teknik Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moch. Kahfi II No.30 Jakarta Selatan 12640

²Teknik Industri, Universitas Universal

Kel. Sadai, Kec. Bengkong, Kota Batam, Kepulauan Riau 29432

Email: Andry_setiawan@istn.ac.id

Abstrak

Distribusi gas LPG 3 Kg memerlukan perencanaan rute yang efisien untuk menekan biaya operasional, menghemat waktu, dan meningkatkan keamanan pengiriman. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemilihan rute terpendek distribusi gas LPG 3 Kg dengan menerapkan *Algoritma Sweep* berbasis Python pada kasus *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Data yang digunakan meliputi lokasi pelanggan, jarak antar titik, dan kapasitas angkut truk. *Algoritma Sweep* digunakan untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan sudut polar relatif terhadap depot, dilanjutkan dengan penentuan urutan kunjungan yang meminimalkan jarak tempuh sambil memenuhi batas kapasitas kendaraan.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan tiga rute distribusi dengan total jarak tempuh 98,7 km, mengalami pengurangan sebesar 26,18 km atau sekitar 21% dibandingkan kondisi awal yang mencapai 124,88 km. Selain itu, jumlah armada dapat ditekan menjadi tiga truk tanpa melanggar batas kapasitas angkut. Implementasi berbasis Python memungkinkan proses penghitungan dan pemodelan rute dilakukan secara cepat, akurat, dan dapat diulang untuk berbagai skenario distribusi.

Kata kunci : Distribusi LPG 3 Kg, *Algoritma Sweep*, Python, *Vehicle Routing Problem*, Optimasi Rute

Abstract

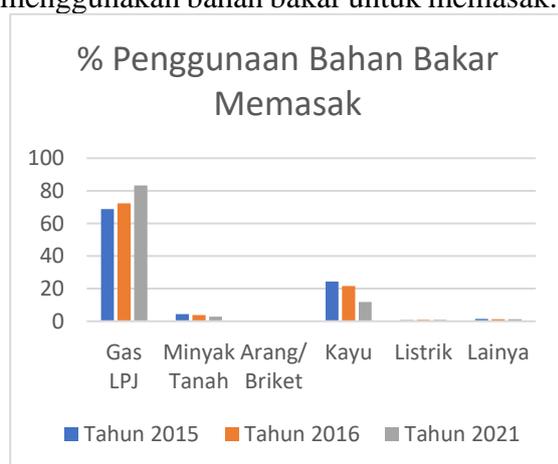
The distribution of 3 kg LPG cylinders requires efficient route planning to reduce operational costs, save time, and improve delivery safety. This study aims to optimize the selection of the shortest delivery routes for 3 kg LPG distribution by applying the Sweep Algorithm using Python to address the Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). The data used includes customer locations, distances between points, and truck load capacities. The Sweep Algorithm is employed to cluster customers based on their polar angles relative to the depot, followed by determining the sequence of visits that minimizes travel distance while adhering to vehicle capacity constraints.

The optimization results show that this method can generate three distribution routes with a total travel distance of 98.7 km, achieving a reduction of 26.18 km or approximately 21% compared to the initial condition of 124.88 km. Furthermore, the number of delivery trucks can be reduced to three without exceeding load capacity limits. The Python-based implementation enables rapid, accurate, and repeatable calculations and route modeling for various distribution scenarios.

Keywords: 3 kg LPG distribution, Sweep Algorithm, Python, *Vehicle Routing Problem*, Route Optimization

1. PENDAHULUAN

Bahan bakar gas yang dikenal dengan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) terdiri dari butana (C_4H_{10}) dan propana cair (C_3H_8). Pertamina menjual produk LPG sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah yang saat ini banyak digunakan di rumah-rumah dan dunia usaha (Subakdo & Nugroho, 2016). Dibandingkan dengan kayu bakar atau minyak tanah, gas LPG dinilai lebih nyaman, lebih bersih, dan lebih cepat panas (Insusanty et al., 2016). Gas LPG digunakan sebagai alat bantu memasak, maka hal ini merupakan kebutuhan yang diperlukan. Penggunaan bahan bakar Gas LPJ di Indonesia semakin meningkat tiap tahunnya dibandingkan dengan bahan bakar lainnya. Berikut data Badan Pusat Statistik yang memperlihatkan persentase rumah tangga di Indonesia yang menggunakan bahan bakar untuk memasak.



Gambar 1.1 Persentase penggunaan bahan bakar untuk memasak di rumah tangga

Sumber : (Statistik, 2022)

Berdasarkan grafik pada gambar 1.1 diatas dapat dilihat bahwa penggunaan Gas LPJ untuk memasak dalam rumah tangga dari tahun 2015 – tahun 2021 mengalami peningkatan. Tingginya permintaan gas LPJ di Indonesia harus di imbangi dengan distribusi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan di masyarakat.

Distribusi gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan salah satu kegiatan yang sangat penting dalam

menunjang kebutuhan energi rumah tangga dan industri. Proses distribusi yang efisien tidak hanya berdampak pada penurunan biaya operasional, tetapi juga memastikan kelancaran pasokan dan pelayanan yang optimal kepada konsumen. Namun, dalam praktiknya, distribusi gas LPG sering kali menghadapi berbagai tantangan, seperti banyaknya rute distribusi yang harus dilalui, jarak tempuh yang panjang, serta kondisi jalan yang beragam. Menurut (Demirtaş & Tuzkaya, 2012) Perusahaan distribusi umumnya akan melakukan perencanaan strategis untuk melakukan penambahan fasilitas seiring dengan peningkatan permintaan.

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang distribusi tabung gas LPG yang melakukan pendistribusian gas LPG kepada para pangkalan-pangkalan yang tersebar di wilayah Bekasi. Proses distribusi dilakukan ke masing – masing pangkalan dengan mengantarkan tabung gas LPG menggunakan kendaraan perusahaan. Masalah utama yang dihadapi dalam distribusi ini adalah menentukan rute terpendek dengan efisiensi waktu dan biaya yang optimal. Dalam menentukan urutan distribusi saat ini berdasarkan pengalaman dari supir dan kernet. Hal inilah yang menyebabkan kurang maksimal nya waktu pendistribusian dari produk ke pelanggan sehingga biaya distribusi menjadi besar. Rute distribusi yang tidak optimal dapat menyebabkan peningkatan penggunaan bahan bakar, waktu perjalanan yang lebih lama, serta tingginya biaya operasional. Dalam konteks ini, diperlukan suatu pendekatan yang mampu memberikan solusi optimal untuk permasalahan rute distribusi. Menurut (Padilla & E. Coz, 2019) Sistem perencanaan taktis jangka pendek membantu mengelola distribusi LPG di lingkungan perkotaan dengan memperkirakan penjualan, permintaan pelanggan, dan siklus hidup kendaraan, yang menghasilkan muatan penuh dan pengurangan kilometer kendaraan kosong.

Suatu gagasan yang dapat diterapkan untuk memecahkan permasalahan dalam

industri transportasi diperlukan jika sarana transportasi ingin dicapai seefisien mungkin. Model *Vehicle Routing Problem* (VRP) digunakan untuk membuat masalah penentuan rute. *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah masalah optimasi kombinatorial yang berfokus pada penentuan rute optimal untuk kendaraan dalam sistem distribusi (Lesmana & Gultom, 2022). Tujuan utamanya adalah meminimalkan total jarak tempuh sambil memenuhi permintaan pelanggan dan batasan kapasitas kendaraan (Pillay & Qu, 2018). Contoh bentuk bagian dari VRP adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). CVRP melibatkan penentuan rute optimal untuk kendaraan yang memiliki kapasitas tetap, dengan tujuan melayani pelanggan yang tersebar secara geografis (A.A et al., 2019). Tujuan dari CVRP ini adalah untuk meminimalkan total jarak tempuh atau biaya transportasi sambil memastikan bahwa setiap kendaraan tidak melebihi kapasitasnya dan semua pelanggan dilayani (Mohamod Simon gaelle, 2014).

Proses penyelesaian CVRP pada penelitian ini diselesaikan dengan memakai *Algoritma Sweep*. *Algoritma Sweep* merupakan dua metode yang telah banyak digunakan dalam Optimasi rute distribusi. *Algoritma Sweep* bekerja dengan cara mengelompokkan titik pengiriman berdasarkan lokasi geografis, sehingga menciptakan kluster yang dapat dikunjungi dalam satu perjalanan. *Algoritma sweep* telah terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah rute kendaraan di bawah batasan tertentu, seperti jarak dan kapasitas. Penggunaan algoritma ini dapat menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu komputasi yang relatif singkat (Sehta & Thakar, 2021). Menurut (Korzeń & Gisterek, 2024) Optimalisasi *Algoritma* secara efektif dapat mengurangi waktu perjalanan trem dengan memilih rute dengan waktu tempuh terpendek. Dalam konteks distribusi gas LPG 3 kg, (Simanungkalit et al., 2022) menerapkan *Algoritma Sweep* untuk menurunkan total

jarak tempuh dari 133,20 km menjadi 118,85 km (penghematan ~10,8%) dan mengurangi penggunaan kendaraan menjadi tiga rute distribusi. Hal ini menunjukkan bahwa *Algoritma Sweep* mampu menghasilkan rute yang lebih efisien dengan waktu komputasi yang relatif singkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemilihan rute terpendek dalam distribusi gas LPG menggunakan algoritma *Sweep*. Diharapkan pendekatan ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi distribusi, baik dari segi waktu maupun biaya operasional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Distribusi

Distribusi adalah suatu kegiatan perpindahan produk atau barang dan jasa yang berasal dari distributor sampai ke pemakai atau pengguna terakhir melalui *distribution channel* (saluran distribusi) (Suratman, 2017). Semua aktivitas tersebut membuat sesuatu menjadi bernilai lebih (*value added*) lewat pendistribusian produk atau barang ke tempat dimana konsumen tinggal, pada saat konsumen menginginkannya, pemanfaatan peralatan, dan biaya yang efektif.

Sehingga distribusi dapat disimpulkan sebagai aktivitas yang bertujuan untuk memindahkan atau mengangkut barang dari pihak pemasok kepada pihak pelanggan dalam sebuah rantai pasokan. Distribusi mempunyai peranan penting terhadap keberhasilan yang akan didapatkan oleh perusahaan karena distribusi secara langsung akan berpengaruh terhadap anggaran dari rantai pasok dan permintaan pelanggan

2.2. *Travelling Salesman Problem* (TSP)

Perusahaan transportasi terdiri dari berbagai jenis angkutan. Angkutan sewa meliputi angkutan yang disebut “umum” dan yang disebut “angkutan kontrak. Beberapa angkutan umum mengangkut barang-barang umum, sedangkan yang lainnya merupakan angkutan khusus yang

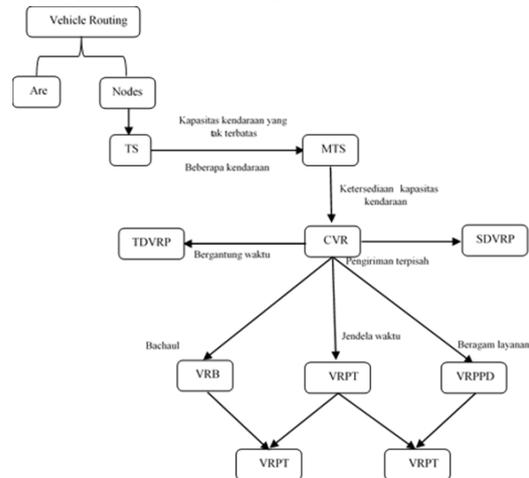
terbatas pada satu kelompok barang. Angkutan umum bertanggung jawab penuh atas keselamatan pengangkutan kiriman. Angkutan kontrak yang digunakan dalam kontrak individual dan kontrak khusus dapat dibuat sebagai bagian dari organisasi perusahaan. Menurut (Ky Phuc & Phuong Thao, 2021) *Travelling Salesman Problem* (TSP) merupakan salah satu metode yang membahas pendistribusian dari sebuah tempat ke beberapa tempat lainnya dalam sekali tempuh. Metode yang paling sederhana dari *Travelling Salesman Problem* ini dengan pendekatan “*closest unvisited city*” atau kota terdekat yang belum dikunjungi

2.3. VRP

Vehicle Routing Problem adalah masalah optimasi yang kompleks dan memiliki banyak variasi untuk menangani berbagai situasi distribusi nyata (Pillay & Qu, 2018). Setiap variasi menambahkan lapisan kompleksitas tambahan, seperti batasan waktu, jenis kendaraan, dan tujuan lingkungan, yang semuanya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem distribusi. Menurut (Peya et al., 2018), hambatan utama VRP adalah setiap agen atau pelanggan hanya dilayani satu kali (menggunakan satu kendaraan), dan seluruh muatan rute harus sama atau tidak melebihi muatan kendaraan yang dialokasikan.

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat diartikan sebagai permasalahan tersebar dengan besaran permintaan yang tidak sama. Rute dirancang seefisien dan selengkap mungkin untuk memastikan bahwa satu operator transportasi mengunjungi setiap pelanggan atau agen tidak lebih dari satu kali. Semua rute distribusi dimulai dan berhenti di depo, dan jumlah permintaan untuk satu rute harus sesuai dengan berat angkutan maksimum pengangkut (Saraswati et al., 2017). Meminimalkan biaya distribusi dan waktu yang dibutuhkan oleh operator pengiriman adalah tujuan VRP. Pengangkutan komoditas atau produk antara depot dan

agen atau klien sangat terkait dengan permasalahan VRP. Berikut adalah contoh atau ilustrasi dari variasi VRP



Gambar 2.1 Variasi VRP

Sumber : (Kumar, 2013)

Vehicle Routing and Scheduling diklarifikasikan menjadi persoalan *Arc* (busur) dan *Node* (titik). VRP merupakan salah satu bentuk persoalan *Node* yang mana permintaan pelayanan berhubungan dengan *Node* atau titik (Kumar, 2013). Ada beberapa bentuk variasi VRP, yaitu sebagai berikut (Toth & Vigo, 2014):

1. TDVRP (*Time Independent Vehicle Routing Problem*), waktu dan biaya pengiriman antara dua tempat dengan bergantung pada waktu dalam satu hari.
2. CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*), VRP dasar dengan batasan kapasitas muatan kendaraan yang seragam
3. SDVRP (*Split Delivery Vehicle Routing Problem*), Pelanggan dapat dilayani oleh lebih dari satu kendaraan untuk mengurangi biaya.
4. VRPB (*Vehicle Routing Problem with Backhaul*), Pelanggan dibagi menjadi penerima barang (linehaul) dan pengirim barang (backhaul).
5. VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*), Kendaraan harus mengunjungi pelanggan dalam jendela waktu tertentu.
6. VRPPD (*Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery*), Barang diambil

dari satu lokasi dan diantar ke lokasi lain dengan kendaraan yang sama.

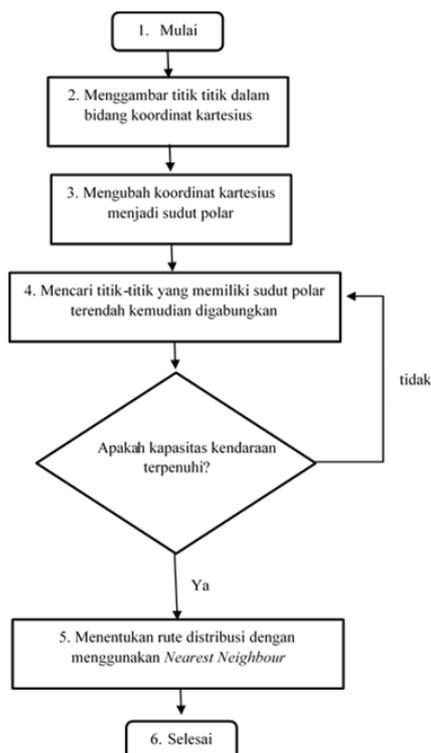
7. VRPBTW (*Vehicle Routing Problem with Backhaul and Time Windows*), Gabungan VRPB dan VRPTW: pelanggan linehaul dan backhaul dengan batasan waktu kunjungan.
8. VRPPDTW (*Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivery and Time Windows*), Gabungan VRPPD dan VRPTW: penjemputan dan pengantaran dengan batasan waktu berbeda untuk tiap lokasi.

2.4. Algoritma Sweep

Algoritma *sweep* adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan, terutama dalam konteks transportasi umum dan masalah rute kendaraan berkapasitas (*Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP*). Algoritma ini berfungsi dengan mengelompokkan titik-titik berdasarkan sudut polar dari depot, kemudian menentukan rute berdasarkan kelompok tersebut (Sehta & Thakar, 2021). Algoritma *Sweep* mempunyai dua langkah proses, yaitu pengelompokan (*clustering*) dan setelah itu diteruskan dengan pembuatan jalur baru dari setiap *cluster* dengan memakai metode *Nearest Neighbor*. Pengelompokan yang pertama dilakukan adalah titik-titik atau agen-agen yang berada pada satu *cluster* digabungkan berdasarkan muatan maksimal transportasi. Kemudian permintaan total yang berada pada satu cluster bisa saja akan membuat muatan kendaraan berlebih, oleh karena itu titik-titik atau age-agen yang lain dimasukkan ke cluster selanjutnya (Saraswati et al., 2017).

- 1) Tahap pengelompokan (*clustering*)
Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap pengelompokan, sebagai berikut:
 - a. Menentukan tiap-tiap agen berupa gambar atau titik (yang selanjutnya bisa disebut juga titik) dalam koordinat kartesius dan menentukan lokasi titik perusahaan atau depot sebagai pusat dari koordinat.

- b. Mencari seluruh koordinat polar dari tiap-tiap agen atau titik pelanggan yang berhubungan dengan depot. Berikut ini tahapan dari koordinat kartesius (x, y) diubah menjadi koordinat polar (r, Ø) adalah :
 $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ Persamaan 2.1
 $\text{Ø} = \text{arc tan } y/x$ Persamaan 2.2
 Atau bisa juga menggunakan bantuan Microsoft Excel, dengan rumus sebagai berikut
 =DEGREES(ATAN2(X;Y))
 - c. Melakukan pengelompokan (*clustering*) diawali dari titik agen atau titik yang mempunyai sudut polar paling kecil terus menerus berurutan sampai agen atau titik yang mempunyai sudut polar paling besar dengan memperhatikan muatan kendaraan.
 - d. Memastikan seluruh agen atau titik sudah dikunjungi dalam cluster saat ini.
 - e. Pengelompokan dalam satu cluster selesai apabila muatan dari transportasi sudah melebihi batas muatan.
 - f. Memulai langkah baru dengan membuat langkah yang sama dengan langkah c yang diawali dari agen atau titik yang mempunyai sudut polar terendah dengan titik atau agen yang belum masuk ke dalam cluster sebelumnya (titik atau agen terakhir yang ditinggalkan).
 - g. Melakukan perulangan langkah dari langkah c-f, sampai semua titik atau agen telah digabungkan ke dalam cluster.
- 2) Tahap Pembentukan Rute, pada tahap pembuatan jalur distribusi, dapat diolah dengan memakai *Metode Nearest Neighbour* sehingga bisa di dapatkan urutan rute pengiriman dari tiap-tiap rute.



Gambar 1 Metode *Algoritma Sweep*

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan penerapan *Algoritma Sweep* untuk mengoptimalkan rute distribusi gas LPG 3 Kg. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1) Identifikasi Masalah

Tahap awal dilakukan analisis terhadap sistem distribusi LPG yang berjalan, meliputi:

- Jumlah titik distribusi (pelanggan atau agen).
- Jarak antar titik distribusi.
- Kapasitas kendaraan distribusi (mengacu pada SNI 1452:2011 untuk tabung LPG 3 Kg).
- Waktu pengiriman yang tersedia.

Masalah diformulasikan dalam bentuk *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), yaitu penentuan rute kendaraan dengan mempertimbangkan kapasitas dan jarak tempuh (Toth & Vigo, 2014).

2) Studi Literatur

- Mengkaji teori dan penelitian sebelumnya terkait algoritma *Algoritma Sweep*, optimasi rute distribusi, dan sistem logistik pada distribusi gas LPG.
- Memahami tantangan utama dalam distribusi gas LPG serta parameter yang memengaruhi efisiensi rute, seperti jarak, waktu tempuh, kapasitas kendaraan, dan jumlah titik distribusi.

3) Penetapan Tujuan Penelitian

Menentukan tujuan penelitian yaitu mengoptimalkan pemilihan rute terpendek dalam distribusi LPG 3 Kg menggunakan *Algoritma Sweep* yang diimplementasikan dengan *Python*, sehingga dapat mengurangi jarak tempuh, waktu distribusi, dan biaya operasional.

4) Pengumpulan Data

data yang dikumpulkan meliputi:

- Data geografis: Lokasi depot dan titik pelanggan.
- Data operasional: Kapasitas kendaraan, jumlah kendaraan, jadwal distribusi.
- Data jarak: Matriks jarak antar titik (menggunakan *Google Maps API* atau *Open Street Map*).
- Data historis: Rute distribusi sebelumnya dan kendala yang dihadapi.

5) Perhitungan *Algoritma Sweep*

Berikut tahapan perhitungan *algoritma sweep* (Akhand et al., 2017):

- Menentukan depot sebagai titik pusat distribusi.
- Menghitung sudut polar untuk setiap titik distribusi terhadap depot.
- Mengurutkan titik berdasarkan sudut polar secara searah jarum jam.
- Mengelompokkan titik menjadi cluster dengan

mempertimbangkan batas kapasitas kendaraan.

- e) Menghasilkan urutan kunjungan dalam setiap cluster secara langsung dari hasil pengurutan sudut polar.

6) Implementasi Python

- a) Bahasa: Python 3.x.
- b) Pustaka: Pandas (olah data), *Geopy* (hitung jarak), *Matplotlib* (visualisasi rute), *NetworkX* (graf distribusi).
- c) Output: Peta rute optimal beserta total jarak tempuh

7) Evaluasi dan Hasil

Indikator evaluasi:

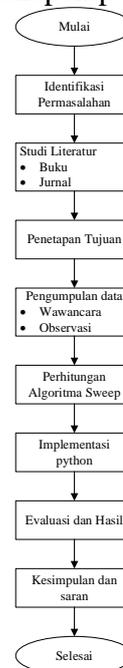
- a) Total jarak tempuh (km).
- b) Efisiensi kendaraan (*load factor*).
- c) Hasil rute *algoritma Sweep* dibandingkan dengan rute eksisting untuk menghitung persentase penghematan.

8) Kesimpulan

- a) Kesimpulan mengenai efektivitas penerapan *algoritma Sweep* pada distribusi LPG.
- b) Saran untuk implementasi lapangan dan pengembangan algoritma (misalnya integrasi

dengan metaheuristic seperti *Genetic Algorithm*).

Tahapan-tahapan ini diharapkan mampu memberikan solusi optimal dan aplikatif dalam menyelesaikan masalah rute distribusi gas LPG. Berikut alur tahapan penelitian ini.



Gambar 2 diagram alur penelitian

4. HASIL dan PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan data

1) Data pangkalan gas dan permintaan gas rata - rata

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan di wilayah Bekasi Timur, teridentifikasi sejumlah pangkalan gas LPG 3 kg yang tersebar di beberapa lokasi. Data tersebut disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 1. Data Pangkalan Gas dan Permintaan Rata - rata

No	Nama Pangkalan	Rata - Rata Permintaan
1	AEW	75
2	BP	50
3	AR	40
4	LT	55
5	R	65
6	S	50
7	SP	85
8	BSS	100

No	Nama Pangkalan	Rata - Rata Permintaan
9	HS	85
10	UBP	100
11	SS	85
12	A	50
13	I	45
14	AI	43
15	DTA	35
16	AN	45

No	Nama Pangkalan	Rata - Rata Permintaan
17	ST	50
18	SY	40
19	MA	35
20	UW	35
21	BSS	40
22	SS	45
23	WP	35
24	AS	40
25	AB	40
26	RAR	35
27	ISD	40
	Total	1443

Berdasarkan table diatas diketahui terdapat 27 pangkalan gas dengan total permintaan sebanyak 1443 unit.

2) Data kapasitas kendaraan yang digunakan

Dalam proses pendistribusian gas terdapat beberapa kendaraan yang digunakan. Berikut data kendaraan yang digunakan:

Tabel 2 data kendaraan yang digunakan

Kendaraan		
Nama kendaraan	Kode kendaraan	Kapasitas kendaraan
Truk 1	1	560 unit
Truk 2	2	560 unit
Truk 3	3	560 unit
Pick Up 1	4	220 unit
Pick Up 2	5	220 unit

Berdasarkan table 2 diatas, digunakan 2 jenis kendaraan yaitu, truk dengan kapasitas 560 dan pick up dengan kapasitas 220.

3) Rute Awal

Berdasarkan hasil wawancara didapatkan hasil rute pengiriman awal dari ke 4 kendaraan tersebut. Berikut rute pengiriman gas kondisi awal:

Tabel 3 Rute pengiriman awal

No Kend	Rute Awal Pengiriman	Jarak Tempuh
1	PT-AEW-BP-AR-LT-R-S-SY-PT	17.8
2	PT-SP-BSS-HS-UBP-SS-A-PT	24.5
3	PT-WP-AS-AB-RAR-ISD-PT	33.67
4	PT-I-AI-DTA-AN-ST-PT	23.5
5	PT-MA-UW-BSS-SS	25.4
	Total	124,87

Setelah mengetahui rute awal, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan matrix jarak antar pangkalan gas. Data jarak tempuh antar pangkalan gas dengan satuan kilometer (km) yang diperoleh dengan bantuan google maps ditunjukkan pada table 4 dibawah ini:

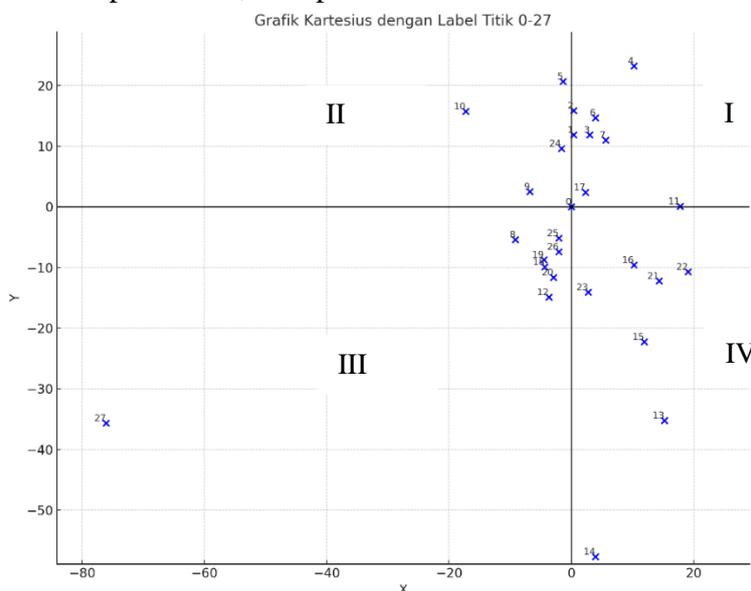
Tabel 4 Matrix jarak antar pangkalan gas

	PT	AEW	BP	AR	LT	R	S	SP	BSS	HS	UBP	SS	A	I	AI	DTA	AN	ST	SY	MA	UW	BSS	SS	WP	AS	AB	RAR	ISD	
PT	0																												
AEW	1,4	0																											
BP	2,2	2,1	0																										
AR	1,9	0,28	2	0																									
LT	3,8	11	0,95	2,5	0																								
R	2,5	1,1	1,3	1,1	1,8	0																							
S	3,3	2,4	1,7	1	2,2	1	0																						
SP	1,4	0,55	2,2	0,35	1,5	1,4	0,85	0																					
BSS	3,2	2,4	3,7	2,9	5,3	3,1	3	3,1	0																				
HS	1,1	1,7	3,5	1,6	4	2,3	2,3	2	1,4	0																			
UBP	3,6	2,3	4	3,1	5,3	2,8	2,7	2,9	1,2	0,45	0																		
SS	4,1	11	4,9	3,3	4,4	4	3,5	3	8,5	9,1	9,2	0																	
A	1,1	11	6,4	1	2,5	3,2	1,8	1,2	0,9	2,1	1,6	8,2	0																
I	6,4	7,8	9,6	7,6	8,9	8,9	8,3	7,8	5,9	7,2	6,8	7,6	5,6	0															
AI	9,5	10	12	10	11	13	11	10	8,6	9,5	9,4	4,1	8,3	3,5	0														
DTA	5,5	6,3	8,3	6,5	7,4	7,4	6,9	6,3	5,9	7,8	7,3	9,7	5,9	2,5	6,9	0													
AN	2,4	3,2	5	3,6	5,7	4,5	3,8	3,2	2,7	4,6	4,1	8,3	2,8	5,1	4,5	3,1	0												
ST	0,2	2,6	5	3	2,9	3,7	3,1	2,6	0,75	2	1,6	7,9	0,45	5,2	2,3	4,1	2,4	0											
SY	0,5	3,2	16	18	2,8	3,6	3,7	3,1	1,3	2,6	2,1	7,2	1	5	3,2	3,9	2,5	1,9	0										
MA	16	20	4,1	2,1	4,5	3,4	2,8	2,3	0,4	2,2	1,8	8,3	0,15	5,3	2,7	4,2	2,9	0,6	0,9	0									
UW	1,2	2,6	4,4	2,4	4,8	3,5	2	2,7	0,75	2	1,6	7,9	1	5,2	2,3	4	4,1	0,4	0,75	0,6	0								
BSS	3,7	4,6	5,9	3,9	5,3	5,6	5	4,2	3,7	5,6	5,2	8,9	3,8	4,2	4,8	2,1	1,7	3,4	3,6	4	3,4	0							
SS	3,9	4,7	6,5	4,5	5,8	5,8	5,3	4,7	4,2	6,1	5,6	9,4	4,3	3,7	6	2,4	1,5	4,2	4	4,3	4,2	1,6	0						
WP	2,3	3,7	5,4	3,2	5,8	5,1	4,5	3,9	2,1	3,4	2,9	7,3	1,8	4,1	3,1	3	1,4	1,1	0,95	1,3	1,1	2,8	3,1	0					
AS	2,5	1,9	1,7	1	2,2	1,1	1,2	0,95	3,5	2,6	2,2	11	3	8,7	5,6	6,8	3,7	3,9	4,5	3,2	3,5	4,6	5,3	4,6	0				
AB	0,45	2,2	4,4	4,4	4,6	3,6	3	2,5	0,65	1,6	1,6	7,8	0,15	5,1	2,5	4,5	3	2,1	1	0,3	0,4	4,1	4,5	1,5	2,7	0			
RAR	0,95	2,4	5	2,2	1,3	3,4	3,1	2,8	0,5	2,3	1,8	7,9	0,22	5,5	2,5	6	2,8	1,1	0,85	0,93	0,5	3,6	4,1	2,3	2,9	0,12	0		
ISD	15	16	18	20	19	16	16	14	14	14	14	14	14	15	16	15	17	16	13	13	14	14	17	17	15	19	12	12	0

4) Perhitungan *Algoritma sweep*

Penggambaran dalam diagram kartesius untuk memperoleh titik-titik koordinat yang akurat, data awal dimasukkan ke dalam aplikasi *GeoGebra* untuk dilakukan proses plotting. Melalui aplikasi ini, setiap

titik dapat ditentukan posisinya secara tepat pada bidang koordinat, sehingga diperoleh hasil koordinat yang siap digunakan untuk tahap analisis atau perhitungan selanjutnya. Berikut hasil dalam aplikasi *GeoGebra*:



Gambar 3 wilayah pangkalan gas dalam kordinat kartesius

5) Pengelompokan

Pengelompokan dilakukan terhadap seluruh pangkalan gas untuk menentukan rute awal yang akan dilalui oleh setiap truk pengangkut. Penentuan rute awal

didasarkan pada koordinat kartesius (x, y), dengan urutan dimulai dari pangkalan gas yang berada di kuadran I hingga kuadran IV secara berlawanan arah jarum jam, dimulai dari titik dengan nilai sumbu y terkecil,

hingga seluruh titik pangkalan gas terkunjungi. Setelah rute awal ditentukan, dilakukan proses pengelompokan untuk memperoleh rute awal yang telah tersusun. Berdasarkan Gambar 3, diperoleh posisi pangkalan gas pada koordinat kartesius (x, y).

Tabel 5 posisi pada kordinat kartesius

Kuadran	Pangkalan
Kuadran 1	4
	6
	3
	7
	17
	1
	2
Kuadran 2	5
	24
	10
	9
	8
	25
Kuadran 3	26
	18
	19
	20
	12
	27

Kuadran	Pangkalan
Kuadran 4	23
	14
	13
	15
	15
	21
	22
	11

Berdasarkan ketentuan tersebut, pengelompokan dilakukan secara berurutan mulai dari kuadran I hingga kuadran IV. Selanjutnya, dilakukan pengelompokan pada seluruh pangkalan gas hingga kapasitas truk terpenuhi. Apabila kapasitas truk tidak mencukupi, pangkalan gas berikutnya akan dimasukkan ke dalam kelompok selanjutnya. Proses ini dilakukan terus-menerus hingga seluruh pangkalan gas terlayani oleh truk pengangkut. Adapun kelompok (*cluster*) yang terbentuk adalah sebagai berikut.

Tabel 6 data cluster dengan Batasan kapasitas daya angkut

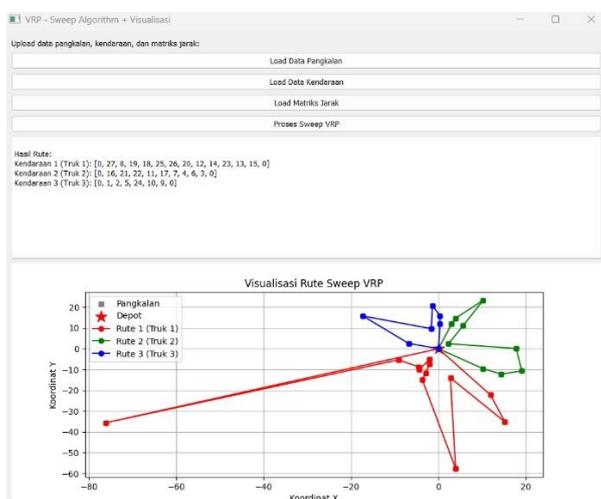
No	No Kendaraan	Pangkalan	Permintaan	Total
1	1	24	40	510
2		5	65	
3		2	50	
4		1	75	
5		3	40	
6		6	50	
7		4	55	
8		7	85	
9		17	50	
10		12	50	
11	2	20	35	560
12		26	35	
13		25	40	
14		18	40	
15		19	35	
16		8	100	
17		27	40	
18		9	85	
19		10	100	

20		11	85	
21		22	45	
22		21	40	
23	3	16	45	373
24		15	35	
25		13	45	
26		23	35	
27		14	43	

6) Tahap pembentukan rute dengan aplikasi python

Dari data yang didapatkan kemudian digunakan untuk mencari rute distribusi

menggunakan *algoritma sweep* dengan memanfaatkan aplikasi *python*. Berikut hasil yang digunakan dalam aplikasi *python* beserta.



Gambar 4 Hasil visualisasi sweep dengan aplikasi *python*

Berdasarkan Gambar 4, terbentuk tiga rute pendistribusian dengan memanfaatkan secara optimal jumlah kendaraan yang tersedia. Hasil pemrograman menggunakan *Python* menunjukkan bahwa tiga kendaraan yang ada sudah memadai untuk mengoptimalkan proses distribusi gas. Data berikut menunjukkan rute pendistribusian beserta jaraknya, yang diperoleh dari matriks jarak pada tahap sebelumnya.

4.2. Pembahasan

Penerapan *Algoritma Sweep* pada distribusi gas dilakukan melalui dua tahap, yaitu pengelompokan lokasi dan penyusunan rute

tiap cluster. Posisi pangkalan gas dipetakan dengan PT sebagai titik pusat koordinat, menghasilkan tiga cluster yang masing-masing dilayani satu truk tanpa melebihi kapasitas angkut. Hasil pemrograman *Python* menunjukkan bahwa tiga kendaraan yang tersedia telah optimal untuk proses distribusi. Rute dan jarak tempuh diperoleh dari matriks jarak pada tahap sebelumnya. Rute pengiriman optimal yang didapatkan pada perhitungan aplikasi *python* dapat dilihat pada table 7.

Tabel 7 Rute pengiriman gas yang optimal

Kendaraan	Rute	Total jarak (km)	Total kapasitas (Unit)
Truk 1	0-27-8-19-18-25-26-20-12-14-23-13-15-0	9,65	533
Truk 2	0-16-21-22-11-17-7-4-6-3-0	32,2	495
Truk 3	0-1-2-5-24-10-9-0	56,42	415
	Total	98,7	1443

Penelitian ini menerapkan *Algoritma Sweep* untuk optimasi distribusi gas LPG dan berhasil mengurangi total jarak tempuh dari 124,88 km menjadi 98,7 km (penghematan $\pm 21\%$) dengan penggunaan hanya tiga truk yang tetap memperhatikan batas kapasitas angkut. Hasil ini sejalan dengan temuan (Baihaqi & Fitria, 2023) yang menunjukkan efisiensi biaya distribusi LPG melalui kombinasi *Algoritma Sweep dan Nearest Neighbor*. Keunggulan metode ini juga terlihat jika dibandingkan dengan (Yuliza et al., 2020) yang menggunakan *Algoritma Clarke & Wright* dan menghasilkan jarak tempuh lebih panjang (151,94–161,59 km). Secara teori, efektivitas Sweep Algorithm diperkuat oleh (Hertrich et al., 2019) yang membuktikan kinerjanya dalam menyelesaikan *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. Selain itu, relevansi terhadap prinsip *Green Logistics* ditegaskan oleh (Indrianti et al., 2025) yang menunjukkan manfaat optimasi rute LPG dalam efisiensi biaya sekaligus pengurangan emisi.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan *Algoritma Sweep* yang diimplementasikan melalui pemrograman Python mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih optimal dibandingkan metode konvensional. Hasil optimasi menunjukkan adanya pengurangan jarak tempuh yang signifikan dari kondisi awal 124,87 km menjadi 98,7 km, atau efisiensi sekitar 21%. Selain itu, optimasi ini memungkinkan penggunaan armada yang lebih sedikit, yaitu hanya tiga truk, dengan

rute yang tetap memenuhi batas kapasitas angkut masing-masing kendaraan.

Penggunaan *Python* dalam proses perhitungan memberikan fleksibilitas dan akurasi tinggi dalam pengolahan data, memungkinkan proses pemodelan, pengelompokan, dan perhitungan jarak dilakukan secara otomatis dan cepat. Hal ini mendukung efisiensi operasional, mengurangi konsumsi bahan bakar, menekan biaya distribusi, serta berkontribusi pada pengurangan emisi karbon sejalan dengan prinsip *Green Logistics*.

Selaras dengan temuan penelitian terdahulu, penerapan *Algoritma Sweep* terbukti menjadi solusi heuristik yang efektif untuk *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* pada distribusi komoditas berisiko seperti LPG 3 Kg. Dengan keunggulan pada efisiensi waktu, biaya, dan keamanan distribusi, metode ini layak untuk diimplementasikan secara lebih luas dalam sistem distribusi berbasis data, khususnya di sektor logistik yang membutuhkan optimasi rute dengan batasan kapasitas kendaraan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Sains dan Teknologi Nasional (LPPM ISTN) dan seluruh sivitas akademika ISTN yang mendukung kegiatan ini.

REFERENSI

A.A, I., N., L., R.O, A., & J.A, I. (2019). Capacitated Vehicle Routing Problem. *International Journal of Research -*

- GRANTHAALAYAH*, 7(3), 310–327.
<https://doi.org/10.29121/granthaalaya.h.v7.i3.2019.976>
- Akhand, M. A. H., Peya, Z. J., Sultana, T., & Rahman, M. M. H. (2017). Solving capacitated vehicle routing problem using variant sweep and swarm intelligence. *Journal of Applied Science and Engineering*, 20(4), 511–524.
<https://doi.org/10.6180/jase.2017.20.4.13>
- Baihaqi, M., & Fitria, L. (2023). The application of sweep algorithm and nearest neighbor algorithm for solving multiple trips heterogeneous fleet vehicle routing problem of subsidized gas distribution. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2772).
<https://doi.org/10.1063/5.0119145>
- Demirtaş, N., & Tuzkaya, U. R. (2012). Strategic Planning of Layout of the Distribution Center: an Approach for Fruits and Vegetables Hall. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 159–168.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.989>
- Hertrich, C., Hungerländer, P., & Truden, C. (2019). *Sweep Algorithms for the Capacitated Vehicle Routing Problem with Structured Time Windows*. *January*, 127–133.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-18500-8_17
- Indrianti, N., Leuveano, R. A. C., Abdul-Rashid, S. H., & Ridho, M. I. (2025). Green Vehicle Routing Problem Optimization for LPG Distribution: Genetic Algorithms for Complex Constraints and Emission Reduction. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3).
<https://doi.org/10.3390/su17031144>
- Insusanty, E., Azwin, A., & Sadjati, E. (2016). Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Dan Nilai Tambah Industri Tempe Pengguna Kayu Bakar. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 11(1), 47–56.
<https://doi.org/10.31849/forestra.v11i1.1135>
- Korzeń, M., & Gisterek, I. (2024). Applying Ant Colony Optimization to Reduce Tram Journey Times. *Sensors*, 24(19).
<https://doi.org/10.3390/s24196226>
- Kumar, V. (2013). *2013-Issues in Solving Vehicle Routing Problem with Time Window and its Variants using Meta heuristics - A Survey.pdf*. 3(6), 668–672.
- Ky Phuc, P. N., & Phuong Thao, N. Le. (2021). Ant Colony Optimization for Multiple Pickup and Multiple Delivery Vehicle Routing Problem with Time Window and Heterogeneous Fleets. *Logistics*, 5(2), 28.
<https://doi.org/10.3390/logistics5020028>
- Lesmana, T. W., & Gultom, P. (2022). Batu Bara Dengan Jarak Terpendek Dan Kapasitas. *Journal of Mathematics Education and Science*, 8(1).
- Mohamad Simon gaelle, K. (2014). Hybrid Heuristic Algorithm for solving Capacitated Vehicle Routing problem. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS & TECHNOLOGY*, 10(1), 2146–2161.
<https://doi.org/10.24297/IJCT.V12I9.2824>
- Padilla, J. A., & E. Coz, J. (2019). *Efficacy in Liquefied Petroleum Gas (LPG) Distribution in Urban Environments*. Handbook of Research on Urban and Humanitarian Logistics.
<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8160-4.ch005>
- Peya, Z. J., Akhand, M. A. H., & Murase, K. (2018). Capacitated Vehicle Routing Problem Solving through Adaptive Sweep Based Clustering plus Swarm Intelligence based Route Optimization. *Oriental Journal of Computer Science and Technology*, 11(2), 88–102.
<https://doi.org/10.13005/ojcs11.02.04>
- Pillay, N., & Qu, R. (2018). *Vehicle*

- Routing Problems BT - Hyper-Heuristics: Theory and Applications* (N. Pillay & R. Qu (eds.); pp. 51–60). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96514-7_7
- Saraswati, R., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Koran: Studi Kasus. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 11(2), 41–44. <https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41-44>
- Sehta, N., & Thakar, U. (2021). Sweep Nearest Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem. *2021 IEEE 18th India Council International Conference (INDICON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INDICON52576.2021.9691603>
- Simanungkalit, I., Sawaluddin, S., Gultom, P., & Nasution, P. K. (2022). Analysis of The Use of Sweep Algorithms to Solve Capacitated Vehicle Routing Problems. *FARABI: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(2), 161–166. <https://doi.org/10.47662/farabi.v5i2.416>
- Statistik, B. P. (2022). *Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Bahan Bakar Utama untuk Memasak (Persen)*, 2015-2021. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTUwIzI=/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi-dan-bahan-bakar-utama-untuk-memasak.html>
- Subakdo, W. A., & Nugroho, Y. A. (2016). In-bound dan out-bound logistic pada distribusi LPG 3kg di Indonesia. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, November, 1–10. https://www.researchgate.net/publication/354688431_IN-BOUND_DAN_OUT-BOUND_LOGISTIC_PADA_DISTRIBUSI_LPG_3KG_DI_INDONESIA <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/749>
- Suratman. (2017). *Dasar Dasar Manajemen Logistik* (C. Kesatu (ed.)). PT Refika Aditama.
- Toth, & Vigo. (2014). *Vehicle Routing Problem, methods and application*. Universitas Bologna.
- Yuliza, E., Puspita, F. M., Yahdin, S., & Emiliya, R. (2020). Solving capacitated vehicle routing problem using of Clarke and Wright algorithm and LINGO in LPG distribution. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012027>.